



REC'D 08 DEC 2003

WIPO

PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung****PRIORITY DOCUMENT**SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)**Aktenzeichen:**

102 59 456.2

Anmeldetag:

19. Dezember 2002

Anmelder/Inhaber:

Dr. Alfred Baron, München/DE;
Georg Hilger, Tuntenhausen/DE;
Peter Krause, Großkarolinenfeld/DE;
Walter Menzel, Düren/DE;
Dr. Ulf Pahnke, Starnberg/DE;
Rainer Krenski, Staudach-Egerndach/DE.

Bezeichnung:

Verfahren und Vorrichtung zur Desintegration
und tribochemische Aktivierung von anorganischen
Stoffen

IPC:

B 02 C 19/18

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 09. Oktober 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Scholz

Verfahren und Vorrichtung zur Desintegration und tribochemische Aktivierung von anorganischen Stoffen

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Desintegration und tribochemische Aktivierung von anorganischen Stoffen sowie deren tribochemische Aktivierung.

[0002] Desintegratoren sind für verschiedene Anwendungen bekannt. Bei der Zementherstellung werden zum Beispiel im großtechnischen Umfang Kalksteinbrocken und verschiedene Zusätze zunächst zerkleinert, anschließend auf Temperaturen von 1400°C bis 1600°C erhitzt, gesintert und anschließend auf die gewünschten Korngrößen zermahlen.

Die Nachteile dieses Verfahrens bestehen darin, ~~Nachteile dieses Verfahrens sind,~~ dass für die Aktivierung der Ausgangsmaterialien ein hoher Energieeinsatz notwendig ist.

[0003] Aus der DE 195 48 645 ist bekannt, durch tribochemisch behandelte Kristalle einen erhöhten potentiellen Energiegehalt und damit eine erhöhte chemische Reaktionsfähigkeit zu erreichen. Die mechanische Aktivierung von Zement ermöglicht zum Beispiel eine wesentliche Festigkeitssteigerung des hydratisierten

mineralischen Bindemittels. Ursache dafür sind die Primärpartikelgröße und Gitterstörungen dieser Partikel.

[0004] Für die tribometrische Bearbeitung von Ausgangsstoffen stehen mehrere Bearbeitungsverfahren zur Verfügung, wie z.B. Zermahlen durch Beanspruchung zwischen zwei Flächen, oder durch Kollisionen frei beweglicher Partikel mit festen Flächen oder durch Kollisionen der Partikel untereinander. Für die Einbringung einer hohen potentiellen Energie in kleinste Partikel in der Größenordnung von einigen 1 μm und die damit hervorgerufenen Gitterstörungen werden sogenannte Desintegratoren eingesetzt. Das Aufbauprinzip ist durch zwei gegeneinanderlaufende Stift- oder Zahnkränze gekennzeichnet. In einer Variante werden die Partikel, wie in der DE-AS 12 36 915 beschrieben, durch Kollision mit den Stiften bzw. Zähnen zerkleinert. Für eine ausreichende Aktivierung werden dabei mindestens drei Kollisionen mit den Stiften in einem Abstand von höchstens 50 ms bei einer Relativgeschwindigkeit von wenigstens 15 m/s gefordert. Nachteilig bei dieser Anordnung ist, dass der Verschleiß der Stifte, insbesondere bei sehr harten Ausgangsmaterialien, sehr hoch ist.

[0005] Bei einer anderen Variante, z.B. nach DE 30 34 849 A1, wird das Ausgangsmaterial primär durch Nutzung von Kollisionen der Partikel in Wirbeln zerkleinert, wobei die Wirbel durch speziell ausgeformte, gegenläufige Schaufelkränze erzeugt werden. Gleichzeitig wird damit erreicht, dass der Verschleiß an den Aufschlaganten der Schaufeln bzw. Zahnkränze wesentlich reduziert wird.

[0006] Für die Entwicklung neuartiger anorganischer Bindemittel ist die mit bekannten Desintegratoren oder Mühlen erreichbare Aktivierung nicht ausreichend. Besonders bei kleinen, leichten Teilchen, wie sie sich nach kurzer Mahldauer einstellen, ist das Hervorrufen einer Kollision dieser Partikel mit einer hohen Relativgeschwindigkeit von beispielsweise größer 100 m/s durch die Einbettung dieser Partikel in einem Luftstrom oder Luftwirbel nicht realisierbar.

[0007] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Desintegration bereitzustellen, das eine Aktivierung von

Ausgangsstoffen für organische Bindemittel durch dynamische Behandlung der Partikel mit gegenüber dem Stand der Technik wesentlich erhöhten Energien und Einwirkungsfrequenzen ermöglicht.

[0008] Diese Aufgabe der Erfindung wird durch einen Desintegrator der eingangs angegebenen Gattung gelöst, bei dem die Ausgangsstoffe in Form eines Granulates mit Hilfe von Stoßdruckwellen eines breiten Frequenzspektrums und einer Impulsdauer von jeweils kleiner 10 μ s ausgesetzt werden. Durch die Einwirkung der in kurzer Folge auf die Partikel mit Überschallgeschwindigkeit auftreffenden Stoßdruckwellen erfolgt eine weitere Zerkleinerung der Partikel bis zur Zerstörung der Kristallgitterstruktur. Im Ergebnis dieser Zerkleinerung entsteht ein Konglomerat von Mischkristallen, die eine erhöhte Fähigkeit zur Kristallbildung bei einer späteren Wasserzuführung besitzen. Die Stoßdruckwellen werden durch Formkörper mit aerodynamisch ausgeformten Oberflächen erzeugt, die bis in den sogenannten transsonischen Bereich beschleunigt werden. Somit werden Stoßdruckfronten erzeugt, die das in den Desintegrator eingeführte Granulat auf die gewünschte Partikelgröße zertrümmern. Die Formkörper bewegen sich dabei auf Scheiben nahe unterhalb der Schallgeschwindigkeit. Bedingt durch die Einwirkung von hoher mechanischer Energie erfolgt neben der Zerkleinerung eine Aktivierung der Partikel und damit eine Veränderung der chemischen Eigenschaften.

[0009] Liegt nun die Relativgeschwindigkeit der gegen die Formkörper anströmenden Luft einschließlich der in dieser Luft schwebenden Partikel dicht unterhalb der Schallgeschwindigkeit, so kann die Strömungsgeschwindigkeit gegenüber dem Formkörper partiell Überschallgeschwindigkeit erreichen. Der Geschwindigkeitsbereich unterhalb der Schallgeschwindigkeit, bei dem die den Formkörper umströmende Luft partiell Überschallgeschwindigkeit besitzt, wird in der Literatur als transsonischer Geschwindigkeitsbereich /Sigloch: Technische Fluidmechanik: VDI-Verlag 1996/ bezeichnet.

[0010] Je nach Ausformung des aerodynamisch wirkenden Formkörpers beginnt der transsonische Geschwindigkeitsbereich bei 0,75 ... 0,85 Mach und endet bei

Erreichen der Schallgeschwindigkeit des Formkörpers gegenüber der anströmenden Luft.

[0011] Liegt die Geschwindigkeit der anströmenden Luft gegenüber dem Formkörper im transsonischen Geschwindigkeitsbereich, tritt bezogen auf das aerodynamische Profil des Formkörpers in einer Zone Überschallgeschwindigkeit auf. Diese Zone der mit Überschall relativ zum Formkörper strömenden Luft wird durch eine Vorderfront, eine Rückfront und dem Profil des Formkörpers begrenzt. An der Rückfront findet ein Übergang von Überschallgeschwindigkeit zur Normalgeschwindigkeit statt. Dieser Übergang wird begleitet durch eine Stoßdruckfront, d.h. der Luftdruck steigt auf das Mehrfache des Normaldruckes an und fällt dann anschließend nach einer kurzen Unterdruckphase wieder auf Normaldruck ab. Die Besonderheit dieser Stoßdruckfront besteht darin, dass die Druckwechsel theoretisch auf wenige Moleküllängen begrenzt sind, praktisch aber durch Erwärmung und Verwirbelungen in der Größenordnung von $100\mu\text{m}$, in jedem Fall aber bezogen auf die Geometrie der Formkörper sehr kurz sind.

[0012] Diese Effekte sind bei der Entwicklung von Tragflächenprofilen für Überschall-Flugzeuge hinreichend bekannt und eher unerwünscht. Die Stoßdruckfront beansprucht die Außenhaut der Flügel erheblich. Zudem erfordert die Verdichtung der Luft zu einer Stoßdruckfront eine erhöhte Vortriebsenergie des Flugzeuges. Durch besondere Gestaltung der Tragflächenprofile wird deshalb versucht, die Effekte des transsonischen Geschwindigkeitsbereiches abzumildern und diesen Bereich schnell zu überwinden („Durchbruch der Schallmauer“).

[0013] Erfindungsgemäß werden die Effekte des transsonischen Geschwindigkeitsbereiches für die Zerkleinerung und Aktivierung von mineralischen Granulat benutzt. Die Nutzung der Stoßdruckfront ist dabei sehr effizient durch zwei Faktoren. Einmal handelt es sich bei der Stoßdruckfront um einen sehr kurzen Impuls mit einer Anstiegszeit von wenigen μs . Zum anderen ist die unmittelbare Aufeinanderfolge von Druckanstieg und Druckabfall sehr wirksam bezogen auf die mechanische Beanspruchung des Granulates. Der Druckstoß kann spektral weiterhin

aufgefasst werden als Summe von Druckwellen recht unterschiedlicher Frequenz. Bedingt durch die Steilheit des Druckstoßes sind also auch Frequenzanteile von Druckwellen mit einigen 100 kHz enthalten. Damit finden sich für unterschiedliche Partikelgrößen und -konsistenz Anteile einer charakteristischen Bruchfrequenz, die besonders wirksam in Richtung der gewollten Zerkleinerung und Aktivierung sind.

[0014] Der erfindungsgemäße Aufbau des Desintegrators setzt dabei das Granulat bzw. die Partikel aufeinanderfolgend mehreren Hundert dieser Stoßdruckfronten aus. Das wird zunächst durch die Verwendung mehrerer Formkörper erreicht, die um eine gemeinsame Achse rotieren. Weiterhin wird durch eine gegenläufige Gruppe von Formkörpern verhindert, dass die Relativgeschwindigkeit der Formkörper gegenüber der Luft mit dem eingelagerten Granulat bzw. Partikeln durch Mitnahmeeffekte verringert wird. Damit bewegen sich die Partikel bezogen auf die Schallgeschwindigkeit relativ langsam durch den Desintegrationsraum durch abwechselnde Mitnahme der Partikel in die eine oder andere Richtung.

Die Folgefrequenz der Stoßdruckfronten liegt dabei im Ultraschallbereich, sind unhörbar und lassen sich relativ gut zum Schutz des Betreiberpersonals dämpfen.

[0015] Eine Kollision der Partikel mit den Formkörpern ist bei geeigneter Gestaltung der Vorderflächen des Formkörpers relativ selten, da insbesondere kleinere Partikel um die Oberfläche der Formkörper herum mitgenommen werden. Eine besondere Armierung bzw. Panzerung der Vorderflächen der Formkörper ist nicht erforderlich. Lediglich an der Abtriebsseite, also bezogen auf die Anströmung im hinteren Bereich treten am Schnittpunkt der Stoßdruckfront mit der Oberfläche des Formkörpers höhere Belastungen auf, die durch geeignete Werkstoffe wie hochlegierte Werkzeugstähle abgefangen werden können. Zweckmäßig ist die Ausbildung der Oberfläche des Formkörpers als sogenanntes unterkritisches Profil, das heißt, die umfließende Strömung ist im wesentlichen laminar /Sigloch: Technische Fluidmechanik; VDI-Verlag 1996/. Der Formkörper ist beispielsweise an der Vorderfront abgerundet und seine Abströmlächen laufen im spitzen Winkel zu einander aus.

[0016] Die Erfindung wird nachstehend anhand eines Ausführungsbeispiels näher beschrieben.

Es zeigen:

- Figur 1a das Profil des Formkörpers, der im Unterschallbereich umströmt wird.
- Figur 1b die Lage des Überschallbereiches bezogen auf einen Formkörper, der im transsonischen Geschwindigkeitsbereich mit Luft angeströmt wird,
- Figur 2 die abwechselnde Einwirkung von Stoßdruckfronten auf einen Partikel.
- Figur 3 Anordnung der gegenläufig bewegten Formkörper,
- Figur 4 Querschnitt durch die Desintegratoranordnung,
- Figur 5 Seitenansicht des Desintegrators entlang der Schnittlinie A – A gem. Fig. 4.
- Figur 6 Gestaltung eines Formkörpers im Querschnitt.

[0017] Fig. 1a zeigt zunächst einen typisch ausgeformten Formkörper 1 zusammen mit Strömungslinien 9 im Unterschallbereich. Die Strömungslinien 9 umfließen zunächst laminar das Profil des Formkörpers 1, wobei im hinteren Bereich des Formkörpers 1 in Abhängigkeit vom Profil des Formkörpers 1 die laminare Strömung abreißen kann und Turbulenzen 3 auftreten können.

[0018] In Figur 1b werden die Geschwindigkeitsverhältnisse im sogenannten transsonischen Geschwindigkeitsbereich verdeutlicht. Bezogen auf die Oberfläche des Formkörpers 1 bildet sich eine Zone heraus, bei der die Relativgeschwindigkeit der umströmenden Luft partiell Überschallgeschwindigkeit erreicht. Der Bereich ist in Figur 1b mit „ $Ma > 1$ “ gekennzeichnet. Der Bereich ist rückseitig durch eine Stoßdruckfront 4 mit einem kurzen Druckanstieg und anschließenden Druckabfall begrenzt. Mit dem Punkt 5 ist die Stelle der besonderen mechanischen Beanspruchung der Oberfläche des Formkörpers 1 gekennzeichnet.

[0019] Figur 2 verdeutlicht die Wirkung der Stoßdruckfronten 4 auf einen Partikel 30. Abwechselnd durchläuft der Partikel 30 zweimal eine Stoßdruckfont 4 mit unterschiedlicher Richtung.

[0020] In der Figur 3 wird die Anordnung der Formkörper 1 zueinander verdeutlicht. Beispielfhaft werden zwei Gruppen von Formkörpern 1a und 1b dargestellt, die mit bzw. gegen die Uhrzeigerrichtung um die Achse 14 rotieren. Im Ausführungsbeispiel enthält jede Gruppe jeweils 16 Formkörper, die sich mit einer Umlauffrequenz von 500 Umdrehungen/Sekunde um die Achse 14 rotieren. Bei einem Radius von 100 mm ergibt sich eine Relativgeschwindigkeit von ca. 315 Meter/Sekunde, d.h. ca. 95 % der Schallgeschwindigkeit. Die Abfolge der Stoßdruckfronten 4 ohne Berücksichtigung der gegenläufigen Gruppe beträgt dabei 8 kHz. Der Partikelweg 8 im Desintegrationsraum 29 wird in der Figur 3 schematisch dargestellt.

[0021] In der Figur 4 ist ein Querschnitt eines erfindungsgemäßen Desintegrators dargestellt. Die Formkörper 1 der ersten Gruppe 1a sind auf der Scheibe A 15 befestigt. Im Ausführungsbeispiel werden dabei zwei Gruppen pro Umlaufrichtung verwendet. Die Scheibe A 15 ist wiederum mit der Nabe A 28 auf der Achse 25 befestigt, die durch einen Antriebsmotor 32 in Rotation mit der notwendigen Mindestdrehzahl in Bewegung versetzt wird. Die Achse 25 ist im Gehäuse 20 über das Lager A 26 gelagert. Eine Wellendichtung A 27 verhindert das Austreten von Partikeln 30 bzw. die Verunreinigung der Lager A 26. Die zweite Gruppe der Formkörper 1b ist auf der Scheibe B 16 befestigt. Diese Scheibe B 16 ist mit der Scheibe B1 17 und der Achse B 21 fest verbunden, wobei die Achse B 21 wiederum über das Lager B 24 ebenfalls im Gehäuse 20 gelagert ist. Die zweite Gruppe der Formkörper 1 b wird durch den Motor 33 entgegen der Drehrichtung des Motors 32 angetrieben.

[0022] Das Einfüllen des Granulates 7 erfolgt über den Einfüllstutzen 31 nahe dem Zentrum des Desintegrators in die Einfüllkammer 18. Hier gelangt das Granulat 7 in

den Einflussbereich der Stoßdruckfronten 4 und wird dabei auf dem Weg in die äußeren Bereiche zertrümmert.

[0023] Bei der Ausführung des erfindungsgemäßen Desintegrators ist zu beachten, dass durch die mit hoher Umdrehungszahl umlaufenden Scheiben 15 und 16 mit den darauf befestigten Formkörpern 1 Luft mitgerissen wird, die durch Zentrifugalkräfte nach außen befördert wird. Während in dem Desintegrationsraum 29 ein ständiger Wechsel der Umdrehungsgeschwindigkeit erfolgt und damit die Geschwindigkeit der Partikel 30 immer wieder abgebremst wird, wirkt die Zentrifugalkraft bei den beiden Außenflächen 38 und 39 der beiden Scheiben 15 und 16 unverändert. Insbesondere bei der Scheibe B 16, die durch den Einfüllstutzen 31 durchbrochen ist, kann die zentrifugal beschleunigte Luft an der Außenfläche 39 der Scheibe B 16 zu unerwünschten Saugwirkungen des Granulates 7 aus dem Einfüllstutzen 31 führen und Granulat 7 unmittelbar zum Auslassstutzen 34 unter Umgehung des Einflusses der Formkörper 1 befördert werden. Dieser Effekt kann vermindert werden, wenn die Außenfläche 39 der Scheibe B 16 relativ gut zum Gehäuse 20 durch einen Dichtring 35 abgedichtet wird. Eine andere Lösung dieses Problems besteht in der Anordnung von Schaufeln 19 auf der Außenfläche 39 der Scheibe B 16, die der Zentrifugalkraft durch einen entgegengesetzten Luftstrom entgegenwirken.

Die Partikel werden nach einem Durchlauf durch den Desintegratorraum 29 an dem Auslassstutzen 34 abgenommen, wie der Darstellung in Figur 5 zu entnehmen ist.

[0024] Es hat sich gezeigt, dass ein einmaliger Durchlauf von Granulat 7 durch den Desintegrator im Sinne der gewünschten Zerkleinerung und Aktivierung bereits ausreichend ist. Damit arbeitet die beschriebene Vorrichtung im Durchlaufverfahren. Soviel Granulat 7, wie dem Einfüllstutzen 31 auf Grund seiner Geometrie in die Einfüllkammer 18 zugegeben werden kann, entsteht fertig aufbereitetes Pulver aus Partikeln 30 am Auslassstutzen 34.

[0025] Figur 6 zeigt eine besonders vorteilhafte Ausführung der Formkörper 1. Durch den spitzen Auslauf der Abströmflächen 37 werden Wirbel vermieden und damit die notwendige Antriebsenergie reduziert

Verwendete Bezugszeichen:

1	Formkörper
2	Formkörperspitze
3	Turbulenzen
4	Stoßdruckfront
5	Ansatzpunkt der Stoßdruckfront
6	Grenzfläche transsonischer Bereich
7	Granulat
8	Partikelweg
9	Strömungslinien
10	Innerer Radius des Formkörperlaufes der Scheibe 16
11	Innerer Radius des Formkörperlaufes der Scheibe 15
12	Äußerer Radius des Formkörperlaufes der Scheibe 16
13	Äußerer Radius des Formkörperlaufes der Scheibe 15
14	Rotationsachse
15	Scheibe A
16	Scheibe B
17	Scheibe B1
18	Einlaufkammer
19	Schaufeln
20	Gehäuse
21	Welle B
22	Nabe B
23	Wellendichtring B
24	Lager B
25	Welle A
26	Lager A
27	Wellendichtring A
28	Nabe A
29	Desintegrationsraum
30	Partikel

- 31 Einfüllstutzen
- 32 Motor A
- 33 Motor B
- 34 Auslassstutzen
- 35 Dichtring
- 36 Einlassöffnung
- 37 Abströmflächen
- 38 Außenfläche der Scheibe A
- 39 Außenfläche der Scheibe B

Ansprüche:

1. Verfahren zur Desintegration und tribochemischen Aktivierung von anorganischen Stoffen mit kristallinen Aufbau, **dadurch gekennzeichnet**, dass die anorganischen Ausgangsstoffe durch die Einwirkung von Stoßdruckfronten mit einer Impulsdauer von kleiner $10\text{ }\mu\text{s}$ und einer Folgefrequenz von größer 8 kHz auf eine Partikelgröße von kleiner $1\text{ }\mu\text{m}$ zerkleinert (desintegriert) werden, in deren Folge ein Konglomerat von aktivierten Mischkristallen entsteht, die eine erhöhte Fähigkeit zur veränderten Kristallbildung bei Zuführung von Wasser besitzt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Einwirkungsdauer der Stoßdruckfronten (4) solange erfolgt, bis eine Zerstörung der Kristallgitterstruktur der Partikel (30) eingetreten ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Stoßdruckfronten durch rotierende Formkörper (1) mit aerodynamisch ausgeformten Oberflächen entstehen, die bis in den transsonischen Geschwindigkeitsbereich beschleunigt werden.
4. Verfahren nach Anspruch 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Partikel Stoßdruckfronten (4) von sich gegenläufig rotierenden Formkörpern (1) ausgesetzt werden.
5. Vorrichtung zur Desintegration und tribochemischen Aktivierung von anorganischen Stoffen, **dadurch gekennzeichnet**, dass auf rotierenden Scheiben (15, 16) mit aerodynamisch eingeformten Oberflächen angeordnete Formkörper (1) angeordnet sind, die kontinuierlich im transsonischen Geschwindigkeitsbereich bewegt werden und an ihren Abströmflächen Stoßdruckfronten erzeugen.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Stoßdruckfronten durch Formkörper (1) mit aerodynamisch ausgeformten Oberflächen erzeugt werden, die auf im transsonischen Geschwindigkeitsbereich sich gegenläufig bewegten scheibenförmigen Rotoren (15, 16) angeordnet sind.
7. Vorrichtung nach Anspruch 5 und 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Folgefrequenz der Stoßdruckfronten variiert und Frequenzanteile der Folgefrequenz im Ultraschallbereich (> 15 kHz) auftreten.
8. Vorrichtung nach Anspruch 5 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorderfront der Formkörper (1) abgerundet ist und ihre Abströmflächen im spitzen Winkel zueinander auslaufen.
9. Vorrichtung nach Anspruch 5 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Querschnitt der Formkörper (1) ein unkritisches Profil aufweist.

Zusammenfassung

Ein Verfahren zur Desintegration und tribochemischen Aktivierung von anorganischen Stoffen mit kristallinen Aufbau ist dadurch gekennzeichnet, dass die anorganischen Ausgangsstoffe durch die Einwirkung von Stoßdruckfronten mit einer Impulsdauer von kleiner $10\ \mu\text{s}$ und einer Folgefrequenz von größer $8\ \text{kHz}$ auf eine Partikelgröße von kleiner $1\ \mu\text{m}$ zerkleinert (desintegriert) werden, in deren Folge ein Konglomerat von aktivierten Mischkristallen entsteht, die eine erhöhte Fähigkeit zur veränderten Kristallbildung bei Zuführung von Wasser besitzt. Die Einwirkungsdauer der Stoßdruckfronten erfolgt solange, bis eine Zerstörung der Kristallgitterstruktur der Partikel (30) eingetreten ist.

Die Vorrichtung zur Desintegration und tribochemischen Aktivierung von anorganischen Stoffen basiert auf rotierenden Scheiben, auf denen Formkörper mit aerodynamisch eingeformten Oberflächen angeordnet sind, die kontinuierlich im transsonischen Geschwindigkeitsbereich bewegt werden und an ihren Abströmflächen Stoßdruckfronten erzeugen.

Fig. 1a

Fig 1a

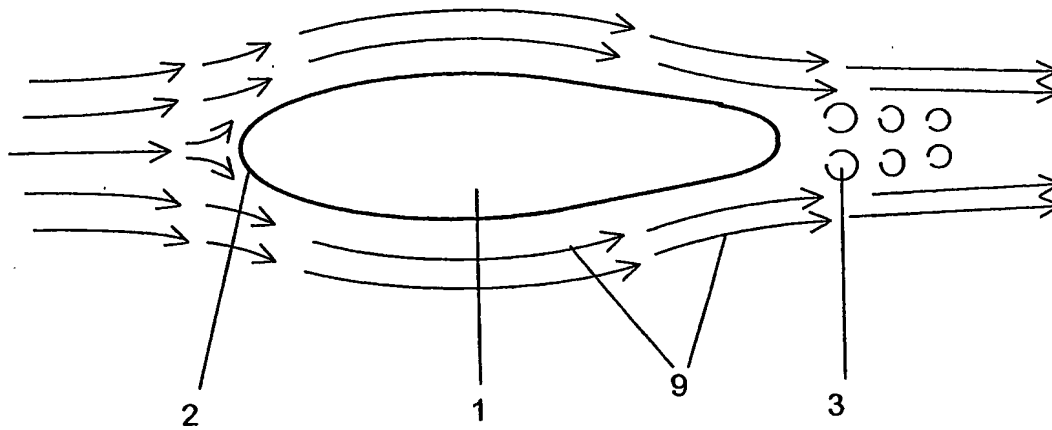


Fig 1b

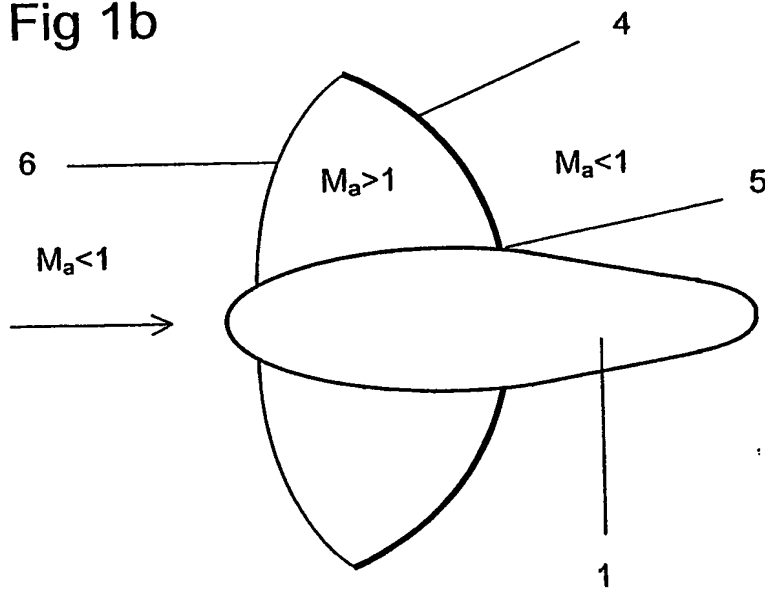


Fig 2

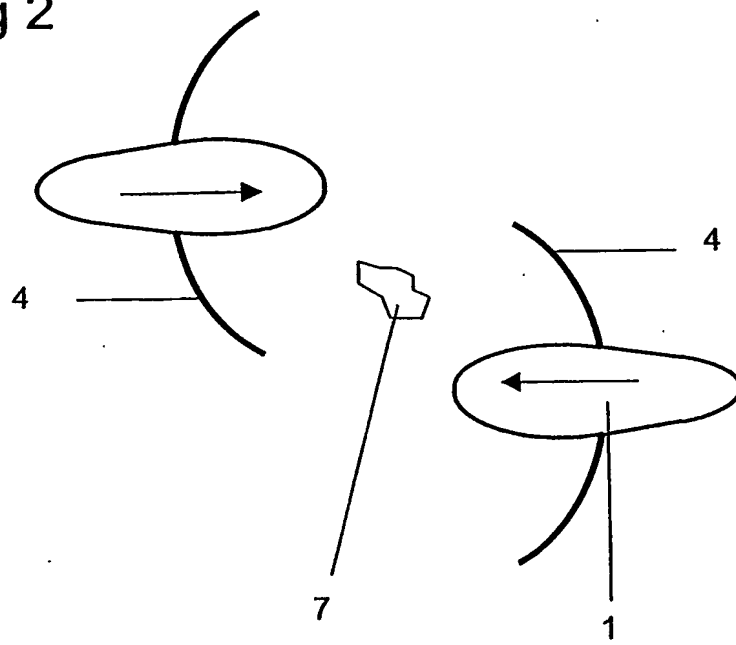


Fig 3

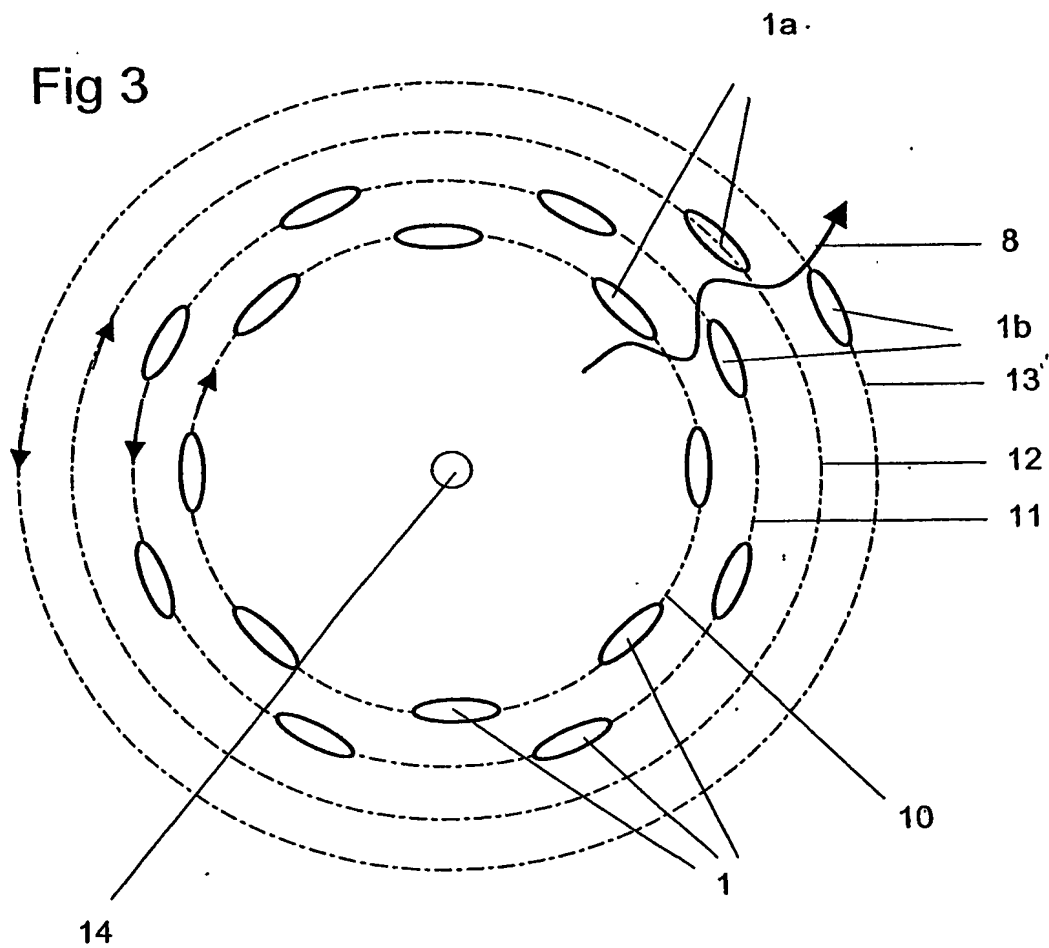
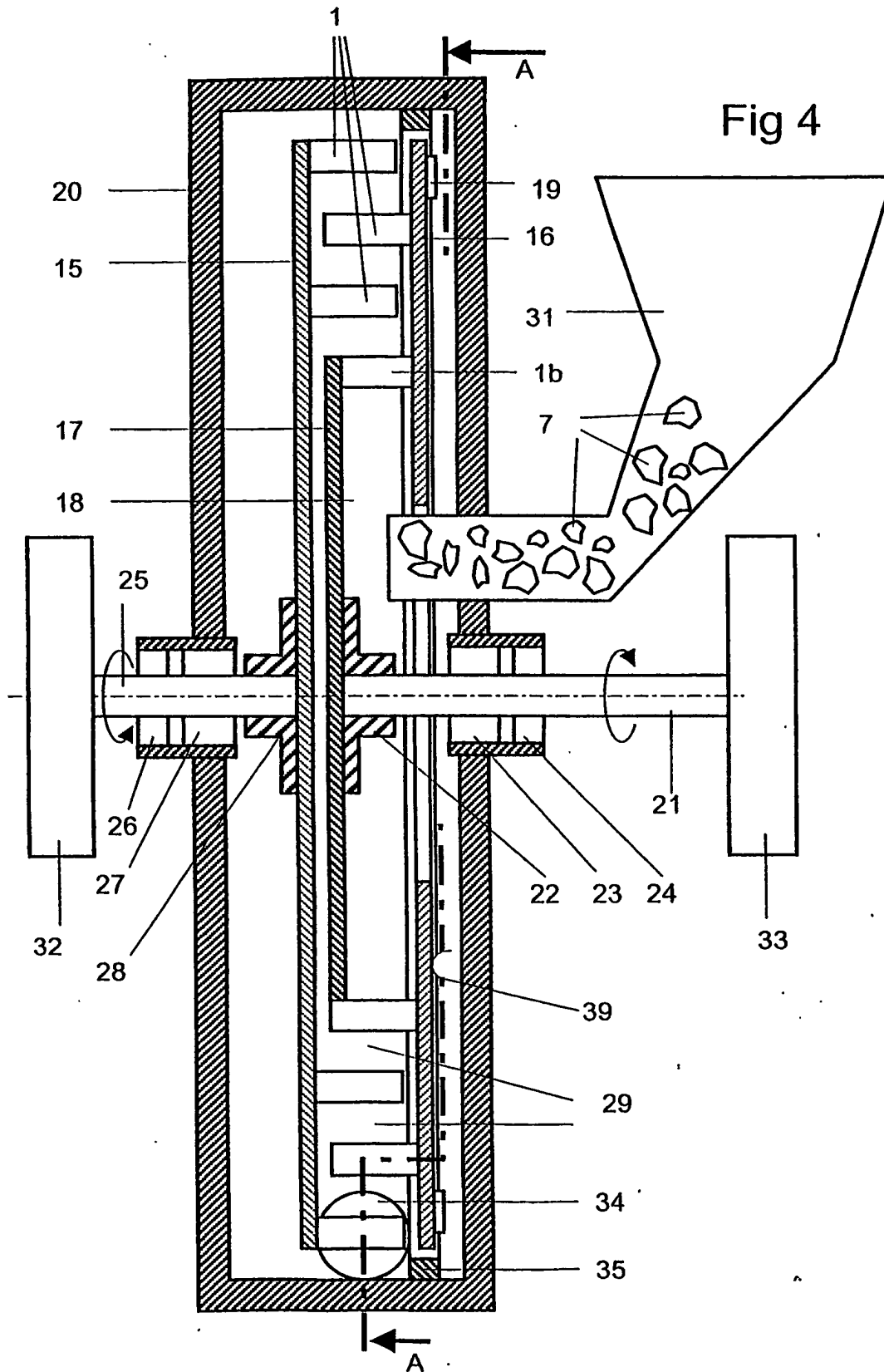


Fig 4



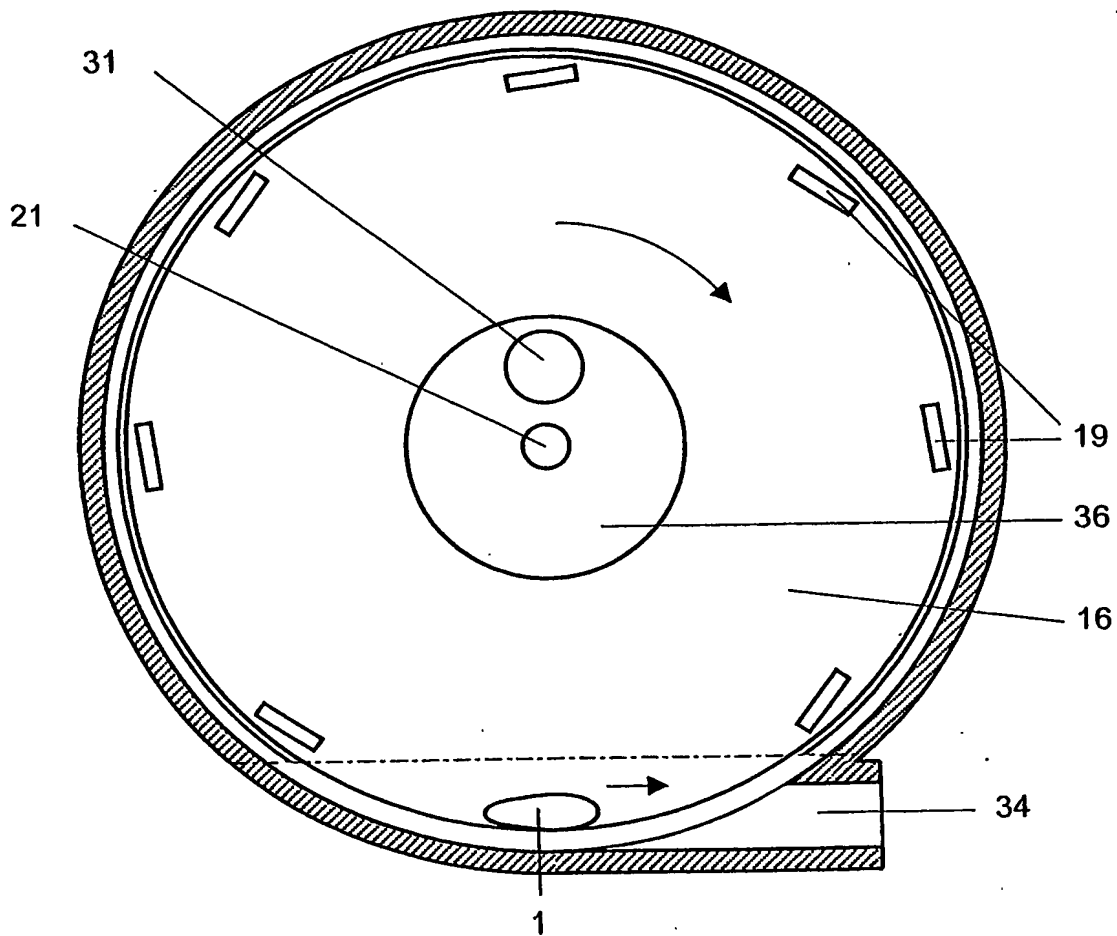


Fig 5

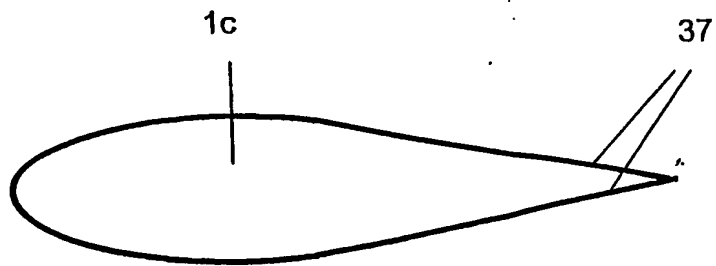


Fig 6

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.